

基于立体摄影技术的三维照相系统获取 畸形面部影像的精确性研究

高鹏程¹ 赵桢祺^{2,3} 陈雅莉⁴ 赵杨⁵ 谢理哲^{2,3} 严斌^{2,3} 王林^{2,3}

1. 东南大学附属中大医院口腔科; 2. 南京医科大学口腔疾病研究江苏省重点实验室;

3. 南京医科大学附属口腔医院正畸科, 南京 210029; 4. 淮安市中医院口腔科, 淮安 223001;

5. 南京医科大学公共卫生学院, 南京 211166

[摘要] 目的 探究基于立体摄影技术的三维照相系统获取畸形面部影像的精确性及其影响因素。方法 采用基于立体摄影技术的三维照相系统采集45个面部畸形的蜡制脸模的表面数据, 测量19个面部软组织特征线距, 以三坐标仪采集测量结果作为标准值, 分析三维照相系统获取畸形面部影像的精确性, 以及不同畸形形态与面部区域对测量结果精确性的影响。结果 三维照相系统获取的特征线距的测量值与标准值具有统计学差异 ($P<0.001$)。凸起畸形对三维照相系统的测量误差有显著性影响 ($P<0.05$), 裂隙畸形对三维照相系统的测量误差无显著性影响 ($P>0.05$)。不同面部区域的三维照相系统测量误差有统计学差异 ($P<0.05$)。畸形形态对三维照相系统测量偏大百分比无显著性影响 ($P>0.05$)。中间区域与面部两侧区域的测量偏大百分比具有统计学差异 ($P<0.05$), 左侧区域与右侧区域的测量偏大百分比无统计学差异 ($P>0.05$)。结论 对畸形面部影像的分析, 基于立体摄影技术的三维照相系统测量正畸临床常规线性项目的精确性受畸形形态与面部区域的影响, 但误差在临床可接受范围内。

[关键词] 三维照相; 面部畸形; 精确性

[中图分类号] R 783.5 **[文献标志码]** A **[doi]** 10.7518/hxkq.2019.02.009



开放科学 (资源服务)
标识码 (OSID)

Accuracy of three-dimensional camera system based on stereophotography on photographic acquisition of deformity facial images Gao Pengcheng¹, Zhao Zhenqi^{2,3}, Chen Yali⁴, Zhao Yang⁵, Xie Lizhe^{2,3}, Yan Bin^{2,3}, Wang Lin^{2,3}. (1. Dept. of Stomatology, Zhongda Hospital Southeast University, Nanjing 210029, China; 2. Jiangsu Key Laboratory of Oral Diseases, Nanjing Medical University, Nanjing 210029, China; 3. Dept. of Orthodontics, Affiliated of Stomatology, Nanjing Medical University, Nanjing 210029, China; 4. Dept. of Stomatology, Huai'an Hospital of Traditional Chinese Medicine, Huai'an 223001, China; 5. School of Public Health, Nanjing Medical University, Nanjing 211166, China)

Supported by: The National Natural Science Foundation of China (81571005); Joint Funds of Nanjing Medical University and Southeast University (2242017K3DN02); Nanjing Science and Technology Planning Project (201715017); Open Project of Jiangsu Key Laboratory of Oral Diseases. Correspondence: Xie Lize, E-mail: 6119921@qq.com.

[Abstract] **Objective** To evaluate and analyze the accuracy of three-dimensional camera system acquisition based on stereophotography for the photographic acquisition of images of facial deformities. **Methods** 3D digital models of 45 waxen facial models of patients with facial deformities were obtained via a 3D camera system based on stereophotography. A total of 19 feature lines were measured on each 3D model by using the software. The measurements taken by the coordinate-measuring machine were accepted as standard values. Statistical analysis was performed to evaluate the accuracy of the system and the corresponding factors. **Results** Statistical analysis results showed that the measured values of the characteristic distance

obtained by 3D camera system were statistically different from the standard values ($P<0.001$). Convex deformities had significant influence on the measuring error of 3D camera system ($P<0.05$), while cleft deformities had no significant influence on the measuring error ($P>0.05$). The facial regions

[收稿日期] 2018-06-13; **[修回日期]** 2018-10-09

[基金项目] 国家自然科学基金 (81571005); 东南大学-南京医科大学合作研究项目 (2242017K3DN02); 南京市科技计划项目 (201715017); 江苏省口腔疾病研究重点实验室开放课题

[作者简介] 高鹏程, 住院医师, 硕士, E-mail: g-pc@163.com

[通信作者] 谢理哲, 讲师, 博士, E-mail: 6119921@qq.com

significantly influenced measuring error ($P<0.05$). The deformities had no significant influence on the percentage of measurement values ($P>0.05$). The middle facial regions had significant difference with bilateral facial regions on the percentage of measurement values ($P<0.05$), while the left and right facial regions had no significant difference ($P>0.05$). **Conclusion** The accuracy of 3D camera system based on stereophotography for the photographic acquisition of facial deformities are influenced by the morphology of the facial deformities and facial regions. Moreover, the measuring error is acceptable in clinical settings.

[Key words] three-dimensional photography; facial deformity; accuracy

牙颌面畸形患者面部软组织形态的测量分析一直是正畸和正颌外科等领域关注的焦点,也是正确制定治疗计划的基础与保障^[1]。受限于传统成像技术,既往的面部软组织研究多基于二维影像,其存在图像变形、重叠等缺陷,且单一的观测平面会降低测量的精确性^[2-3]。近年来,面部三维照相技术发展迅速,主流的成像技术包括光栅扫描、线激光扫描、结构光扫描及立体摄影技术,并由此建立了定量分析面部三维影像的方法^[4-6],彻底改变了面像采集和分析的方法。目前,常用的面部三维照相系统主要是应用立体摄影技术获取包含研究对象表面轮廓、纹理信息的三维影像,具有采集迅速、无创、操作简便等优点^[7-9],在口腔医学领域具有广阔的应用前景。然而,基于立体摄影技术的三维照相系统采集牙颌面软组织精确性及其影响因素的研究,特别是针对畸形面部软组织的相关研究报道尚不多见。故本研究以不同面部畸形患者的蜡制脸模为研究对象,采用基于立体摄影技术的三维照相系统获取脸模影像,并通过计算机辅助测量面部分析临床常用的特征线距,同时以三坐标仪的采集测量结果为标准值,探究基于立体摄影技术的三维照相系统获取畸形面部影像的精确性及其影响因素,为该系统在牙颌面畸形精确诊断领域的深入应用提供参考依据。

1 材料和方法

1.1 实验仪器和软件

3dMDFace系统(3dMDLLC公司,美国),精度为0.2 mm。三坐标仪Croma686(HexagonAB公司,瑞典),精度为0.078 μm 。颌颌面测量分析软件3dMDVultus(3dMDLLC公司,美国)。

1.2 研究对象及测量指标

以南京医科大学附属口腔医院收治的不同类型面部畸形患者(肿瘤22例、唇裂18例和外伤畸形5例)面部翻制而成的45个蜡制脸模为研究对象。参考临床需求及相关文献^[10-11],在脸模上确定了18个解剖标志点(表1)和19个特征线距(表2),分析特征线距所经过区域的畸形形态特征(凸起畸形、

裂隙畸形)与面部不同区域特征对线距的影响。为了减少人为因素造成的测量误差,提高实验的可重复性^[12],制作了直径5 mm的圆形物理标记物,由同一名口腔医生定位解剖标志点粘接固定标记物,如图1。

表 1 18个解剖标志点

Tab 1 Eighteen anatomic landmarks

标志点	定义
额点(G)	额部最突出点
鼻根点(Ns)	鼻额缝表面所覆盖之软组织最凹点
鼻顶点(Prn)	鼻部软组织之最突出点
鼻下点(Sn)	鼻小柱与上唇之交点
上唇缘点(UL)	上唇黏膜与皮肤之连接点
下唇缘点(LL)	下唇黏膜与皮肤之连接点
软组织B点(B)	下牙槽座点表面所覆盖之软组织最凹点
颏前点(Pos)	颏部软组织的最前点
左、右内眦点(EnL, EnR)	左、右眼上下眼睑的内遇合点
左、右外眦点(ExL, ExR)	左、右眼上下眼睑的外遇合点
左、右颧点(ZyL, ZyR)	左、右颧弓向外侧最突出处表面所覆盖之软组织最突出点
左、右鼻翼基底线(AIL, AIR)	鼻与上唇相连的基底部分的最左、最右点
左、右口角点(ChL, ChR)	上下唇黏膜缘在外侧端相接的最左、最右点

1.3 数据采集与测量

脸模影像的采集:三维照相系统采集时需将脸模固定于支架上,鼻尖点位于两侧镜头采集的中心区域,鼻根点与鼻小柱基底点连线垂直于水平面^[13],影像采集时间为1.5 ms。三坐标仪采集时需将脸模颌面部向上稳定固位于测量平台上,用针状接触式测头点触脸模颌面部各圆形标记物的中心,记录对应坐标^[14]。以上过程由粘接固定标记物的同一名口腔医生在同一天内连续采集3次。

特征线距的测量:测量三维照相系统采集的特征线距时,需将采集的脸模数据导入3dMDVultus软件,以标记物的中心为线距的端点,计算机辅助测量特征线距。以上过程由采集脸模影像的同一名口

腔医生在一周内测量3次。三坐标仪在采集特征线距的同时,可直接输出特征线距的长度,无需后续测量。

表 2 19个特征线距
Tab 2 Nineteen feature lines

特征线距	线段描述
EnR-EnL	内眦间距离
ExR-ExL	外眦间距离
ExL-EnL	左眼裂宽
ExR-EnR	右眼裂宽
AIR-AIL	鼻翼基底宽
ChR-ChL	口角宽
ZyR-ZyL	面中部宽
Prn-Sn	鼻顶点至鼻下点距离
Sn-UL	鼻下点至上唇缘点距离
Prn-UL	鼻顶点至上唇缘点距离
LL-B	下唇缘点至软组织B点距离
B-Pos	软组织B点至颏前点距离
LL-Pos	下唇缘点至颏前点距离
G-Ns	额点至鼻根点距离
Ns-Prn	鼻根点至鼻顶点距离
G-Prn	额点至鼻顶点距离
G-Sn	额点至鼻下点距离
Sn-Pos	鼻下点至颏前点距离
G-Pos	额点至颏前点距离

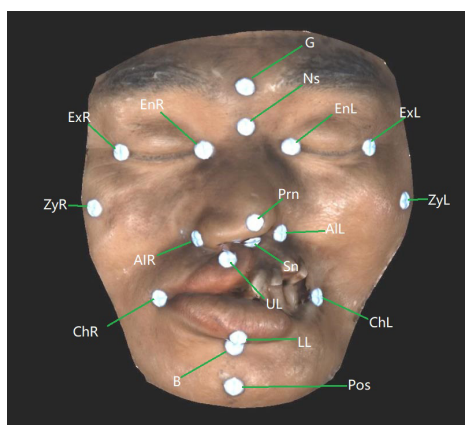


图 1 蜡制脸模标志点的确定

Fig 1 Landmarks of wax face model

1.4 数据分析

采用SPSS 17.0软件进行统计,分析三维照相系统获取畸形面部影像的精确性,以及不同畸形形态与面部区域对测量结果精确性的影响。

1.4.1 三维照相系统获取畸形面部影像的精确性 计算三维照相系统与三坐标仪三次测量值的组内相关系数,评估研究者定点测量的可靠性,ICC>0.75为可靠性高。以三维照相系统与三坐标仪三次测量值的平均值分别作为测量值与标准值,计算三维照相

系统的测量误差(测量值-标准值)。采用配对 t 检验比较测量值与标准值的差异,检验水准为双侧 $\alpha=0.05$ 。

1.4.2 不同畸形形态与面部区域对测量结果精确性的影响 在畸形形态的研究中,将通过畸形区域的特征线距根据区域的畸形形态特征,分为通过凸起畸形的特征线距和通过裂隙畸形的特征线距。在面部区域的研究中,将面部区域从垂直向分为三部分:前额发际线至眉骨,眉骨至鼻底,鼻底至下颏;从水平向分为五部分:左侧发际至左眼外眦点,左眼外眦点至左眼内眦点,左眼内眦点至右眼内眦点,右眼内眦点至右眼外眦点,右眼外眦点至右侧发际;共15个区域(图2)。其中区域1~5、11、15中无特征线距通过,线距具体的分布情况见表3。

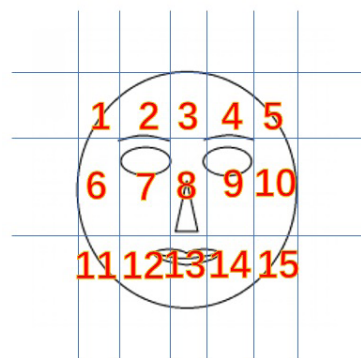


图 2 面部分区示意图

Fig 2 The sketch map of distribution in face

表 3 特征线距的分布情况

Tab 3 The distribution of feature lines

分区	特征线距的分布
区域1~5	无
区域6	ZyR-ZyL
区域7	ExR-ExL、ExL-EnL、ZyR-ZyL
区域8	EnR-EnL、ExR-ExL、AIR-AIL、ZyR-ZyL、G-Ns、Ns-Prn、G-Prn、G-Sn、G-Pos
区域9	ExR-ExL、ExR-EnR、ZyR-ZyL
区域10	ZyR-ZyL
区域11	无
区域12	ChR-ChL
区域13	ChR-ChL、Prn-Sn、Sn-UL、Prn-UL、LL-B、B-Pos、LL-Pos、Sn-Pos、G-Pos
区域14	ChR-ChL
区域15	无

计算不同畸形形态与面部区域下三维照相系统的测量误差和偏差百分比。采用独立样本 t 检验分析畸形形态对测量误差的影响,检验水准为双侧 $\alpha=0.05$;采用单因素方差分析面部区域对测量误差的

影响,进一步两两比较采用Tukey-HSD检验,检验水准为双侧 $\alpha=0.05$ 。采用卡方检验分析畸形形态、面部区域对测量偏差百分比的影响,检验水准为双侧 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

三维照相系统与三坐标仪3次采集所得数据的组内相关系数ICC为0.964、0.982,均大于0.75,表明测量的可靠性高。配对 t 检验表明,三维照相系统获取的特征线距的测量值与标准值具有统计学差异($P<0.001$),测量值大于标准值。

采用独立样本 t 检验分析畸形形态对测量误差的影响,结果表明:通过凸起畸形时三维照相系统的测量误差(0.43)大于未通过凸起畸形时的测量误差(0.32),具有统计学差异($P=0.049$),说明凸起畸形对三维照相系统的测量误差有显著性影响。通过裂隙畸形时三维照相系统的测量误差(0.3)小于未通过裂隙畸形时的测量误差(0.35),但无统计学差异($P=0.286$),说明裂隙畸形对三维照相系统的测量误差无显著性影响。通过凸起畸形时三维

照相系统的测量误差(0.43)大于通过裂隙畸形时的测量误差(0.3)。

采用单因素方差分析面部区域对测量误差的影响,结果表明:不同面部区域的三维照相系统测量误差有统计学差异($P<0.05$);进一步采用Tukey-HSD检验两两比较,结果表明,区域8、13的三维照相系统测量误差小于其他区域的测量误差,具有统计学差异(图3、表4)。

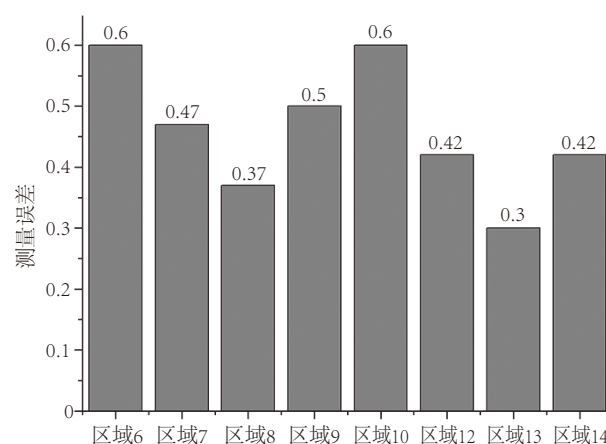


图3 不同面部区域的测量误差

Fig 3 Measuring error of different facial regions

表4 不同面部区域测量误差的单因素方差分析结果

Tab 4 Result of one-way ANOVA of measuring error of different facial regions

面部区域	区域6	区域7	区域8	区域9	区域10	区域12	区域13	区域14
区域6								
区域7	0.813							
区域8	0.000*	0.000*						
区域9	0.961	0.999	0.000*					
区域10	1.000	0.813	0.000*	0.961				
区域12	0.332	0.930	0.045*	0.741	0.332			
区域13	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*		
区域14	0.332	0.930	0.045*	0.741	0.332	1.000	0.000*	

注: * $P<0.05$, 有统计学差异。

采用卡方检验分析畸形形态、面部区域对测量偏差百分比的影响,结果表明:1)通过凸起畸形时与未通过凸起畸形时三维照相系统的测量偏大百分比无统计学差异($\chi^2=2.632$, $P=0.109$),通过裂隙畸形时与未通过裂隙畸形时三维照相系统的测量偏大百分比也无统计学差异($\chi^2=0.985$, $P=0.345$),说明畸形形态对三维照相系统测量偏大百分比无显著性影响。通过凸起畸形、裂隙畸形时的三维照相系统的测量偏大百分比分别为45.54%、53.02%,偏大百分比皆接近50%。2)中间区域(区域8、13)、左侧区域(区域6、7、12)、右侧区域(区域9、10、14)的三维照相系统测量偏大百分比分别为

47.55%、88.20%、87.75%。中间区域(区域8、13)与面部两侧区域(区域6、7、9、10、12、14)的测量偏大百分比具有统计学差异($\chi^2=189.659$, $P=0.000$),左侧区域(区域6、7、12)与右侧区域(区域9、10、14)的测量偏大百分比无统计学差异($\chi^2=0.216$, $P=0.757$)。

3 讨论

基于立体摄影技术的三维照相系统采用光学成像技术采集对象表面点的位置,并快速重建出三维影像,具有较高的采集精度^[3,14-15]。研究^[16-18]表明,

被扫描对象的表面特性、不自主运动、软组织的可让性、操作经验等因素皆会影响基于三维照相系统采集测量的精确性。赵一姣等^[16-17]研究表明,采用模型评价仪器的精度,可以排除面部肌肉不自主收缩、呼吸运动、面部软组织的可让性等干扰因素对扫描误差的影响。Aynechi等^[19]研究表明,物理标志物辅助确定标志点可减少人为定点误差等人为操作干扰因素的影响。故本研究中,选用与真人皮肤的质地、颜色、粗糙度等相近的蜡制翻制脸模作为研究对象,并采用物理标志物辅助定点,聚焦于基于立体摄影技术的三维照相系统获取畸形面部影像的精确性及其影响因素的研究。

本研究结果显示,基于立体摄影技术的三维照相系统获取畸形面部影像的精确性受凸起畸形表面形态的影响,不受裂隙畸形的影响。凸起与裂隙畸形下,特征线距测量偏差百分比皆接近50%;凸起畸形下的测量误差稍大于裂隙畸形下的测量误差,精确性较低。笔者推测这可能与凸起会遮挡部分系统采集光线有关,凸起程度越大,被遮挡的光线越多,误差越大,精确性越低,甚至难以获取完整的颌面部形态。谢理哲等^[13]研究唇腭裂患者的裂隙形态特征时,于裂隙区域内确定标志点,发现裂隙畸形对裂隙区域内的线距测量值有显著性影响。本研究中标志点的确定基于正畸临床常用测量项目的考量,未于裂隙区域内定点,仅定点于裂隙边缘,故裂隙畸形对三维照相系统获取畸形面部影像的精确性影响较小。

本研究结果同时表明,三维照相系统获取畸形面部影像的精确性受不同面部区域的影响。左、右侧区域的测量误差和测量偏大百分比均无统计学差异;中间区域与面部两侧区域的测量误差、测量偏大百分比均具有统计学差异。越靠近面部中间区域的特征线距,其测量值越接近标准值,测量偏差百分比也越小,其原因可能与三维照相系统构架有关。本研究采用的三维照相系统,其架构为双侧摄像头结构,是三维照相系统中最常用的架构。当采集中间区域的特征线距时,两侧光线与中间区域法线所成的角度相同,所以中间区域测量值更接近标准值,精确性高,测量值的偏大百分比远小于两侧区域;而采集两侧区域的特征线距时,来自两侧摄像头的光线与该区域表面法线所成角度不同,且其中一侧的角度过大,易导致测量值大于标准值,精确性降低,测量偏大百分比也增大。结合以往研究^[20],笔者推测面部两侧区域测量偏大百分比增大可能与采集光线角度与系统内算法联合作用有关,但尚待后续研究进一步证实。

综上,对不同面部畸形患者面部影像的分析,基于立体摄影技术的三维照相系统测量正畸临床常用线性测量项目的测量结果与三坐标仪存在一定的差异,且精确性受畸形形态与面部区域的影响,误差范围在0~0.60 mm之间,多数情况下测量值通常偏大。研究^[14]表明,正颌正畸手术联合治疗可接受1.0 mm左右的面部测量精度,基于立体摄影技术的三维照相系统的测量误差在临床可接受范围内,故可用于测量面部常用线距,为在牙颌面畸形精确诊断领域的深入应用提供参考。

[参考文献]

- [1] 王道广, 张艳美. 面部三维影像测量在口腔正畸中的应用[J]. 影像研究与医学应用, 2018, 3(2): 81-82.
Wang DG, Zhang YM. Application of facial 3d image measurement in orthodontics[J]. J Imaging Res Med Appl, 2018, 3(2): 81-82.
- [2] Berssenbrügge P, Berlin NF, Kebeck G, et al. 2D and 3D analysis methods of facial asymmetry in comparison[J]. J Craniomaxillofac Surg, 2014, 42(6): e327-e334.
- [3] 薛明飞, 陈宁, 杜一飞. 数字化三维摄影测量在口腔颌面部软组织评估中的应用[J]. 口腔医学, 2015, 35(12): 1072-1075.
Xue MF, Chen N, Du YF. Application of 3d MD in assessment of oral and maxillofacial soft tissue[J]. Stomatology, 2015, 35(12): 1072-1075.
- [4] Schaaf H, Malik CY, Howaldt HP, et al. Evolution of photography in maxillofacial surgery: from analog to 3D photography—an overview[J]. Clin Cosmet Investig Dent, 2009, 1: 39-45.
- [5] 蒋程程, 宋庆高, 何苇, 等. iWitness摄影测量系统在颌面部应用的可信度研究[J]. 华西口腔医学杂志, 2015, 33(3): 296-300.
Jiang CC, Song QG, He W, et al. Reliability of iWitness photogrammetry in maxillofacial application[J]. West Chin J Stomatol, 2015, 33(3): 296-300.
- [6] 巩旭燕, 崔强强, 杜方翀, 等. 基于3d MD的西安地区汉族儿童鼻唇部三维形态测量研究[J]. 中国美容医学, 2018, 27(1): 88-92.
Gong XY, Cui QQ, Du FC, et al. Three-dimensional measurement of nasolabial morphology based on 3d MD in han nationality children in xi'an area[J]. Chin J Aesthet Med, 2018, 27(1): 88-92.
- [7] 吴江, 高勃, 赵湘辉, 等. 新型3D SS-STD- II 结构光三维测量系统重建牙颌模型的可靠性对比研究[J]. 华西口腔

- 医学杂志, 2008, 26(4): 448-451.
- Wu J, Gao B, Zhao XH, et al. A comparative study on the reliability of grating projection measuring system in three-dimensional reconstruction of dental cast[J]. West Chin J Stomatol, 2008, 26(4): 448-451.
- [8] 钟仁明, 叶程伟, 李丽琴, 等. 光学表面成像系统在ABC放疗患者作用探讨[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2018, 27(1): 89-93.
- Zhong RM, Ye CW, Li LQ, et al. Analysis of utility of surface imaging system for patients who received radiotherapy with active breath control[J]. Chin J Radiat Oncol, 2018, 27(1): 89-93.
- [9] Chen ZC, Albdour MN, Lizardo JA, et al. Precision of three-dimensional stereo-photogrammetry (3dMD™) in anthropometry of the auricle and its application in microtia reconstruction[J]. J Plast Reconstr Aesthet Surg, 2015, 68(5): 622-631.
- [10] Hassan R, Azmi A, Yusuf A. Measurements of facial morphology in normal malay children using a stereo photogrammetry, 3dMD system[C]. New Jersey: Humana Press, 2012: 237-245.
- [11] Starbuck JM. Quantitative evaluation of the facial morphology of a tolteca figurine from Mexico using geometric morphometric approaches[J]. Int J Morphol, 2014, 32(2): 499-509.
- [12] Kouchi M, Mochimaru M. Errors in landmarking and the evaluation of the accuracy of traditional and 3D anthropometry[J]. Appl Ergon, 2011, 42(3): 518-527.
- [13] 谢理哲, 陈雅丽, 高鹏程, 等. 三维照相系统采集单侧唇腭裂患者面部形态的精确性研究[J]. 东南大学学报(医学版), 2017, 36(6): 995-1001.
- Xie LZ, Chen YL, Gao PC, et al. Research on facial morphology accuracy of patients with unilateral cleft lip and palate based on three-dimensional photographic acquisition [J]. J Southeast Univ (Med Sci Ed), 2017, 36(6): 995-1001.
- [14] Aldridge K, Boyadjiev SA, Capone GT, et al. Precision and error of three-dimensional phenotypic measures acquired from 3dMD photogrammetric images[J]. Am J Med Genet A, 2005, 138A(3): 247-253.
- [15] 谢瑞, 白石柱, 吴秦, 等. 基于最短曲面距离对3dMD立体摄影系统测量精度和稳定性的研究[J]. 临床口腔医学杂志, 2016, 32(3): 138-141.
- Xie R, Bai SZ, Wu Q, et al. A study of mearment accuracy and repeatability of the 3dMD stereophotogrammetry system based on the shortest surface distance[J]. J Clin Stomatol, 2016, 32(3): 138-141.
- [16] 赵一姣, 熊玉雪, 杨慧芳, 等. 3种不同原理颜面部扫描仪测量精度的评价[J]. 北京大学学报(医学版), 2014, 46(1): 76-80.
- Zhao YJ, Xiong YX, Yang HF, et al. Evaluation of measurement accuracy of three facial scanners based on different scanning principles[J]. J Peking Univ (Health Sci), 2014, 46(1): 76-80.
- [17] 赵一姣, 熊玉雪, 杨慧芳, 等. 2种三维颜面部扫描仪测量精度的定量评价[J]. 实用口腔医学杂志, 2016, 32(1): 37-42.
- Zhao YJ, Xiong YX, Yang HF, et al. Quantitative evaluation of the measurement accuracy of 2 three-dimensional facial scanners[J]. J Pract Stomatol, 2016, 32(1): 37-42.
- [18] Muggli E, Matthews H, Penington A, et al. Association between prenatal alcohol exposure and craniofacial shape of children at 12 months of age[J]. JAMA Pediatr, 2017, 171(8): 771-780.
- [19] Aynechi N, Larson BE, Leon-Salazar V, et al. Accuracy and precision of a 3D anthropometric facial analysis with and without landmark labeling before image acquisition[J]. Angle Orthod, 2011, 81(2): 245-252.
- [20] Lin SW, Sutherland K, Liao YF, et al. Three-dimensional photography for the evaluation of facial profiles in obstructive sleep apnoea[J]. Respirology, 2018, 23(6): 618-625.

(本文编辑 李彩)